中華農業研究 (Jour. agric. Res. China) 32(4)：348～359(1983)

# 水田滿江紅固氮之肥效及抑制稻田雜草之研究[1]

林 錫 錦[2]

**摘要**：本研究探討耐寒又耐熱滿江紅之本地種 *Azalla pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay) 當綠肥以及與水稻共作時對第一期及第二期稻作之肥效，及它們與水稻共作時滿江紅生長迅速疊覆水面對抑制稻田雜草之效果。

插秧前*A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay)，養殖21天後當基肥滿江紅，其鮮重由 0.75 ton/ha 增加到 19 ton/ha ，估計在冬天養殖21天後之氮素含量爲 N47kg/ha，夏天養殖21天後之氮素含量爲 N39kg/ha，它們的鮮重增加25倍。供試兩品系之滿江紅綠肥養殖時在寒冷的冬天（水溫 8—16°C））及炎熱的夏天（水溫 25—40°C））均長得很好，顯示兩品系均很適宜爲第一期及第二期稻作之綠肥，以及與水稻共作。掩施滿江紅當基肥之處理其穀產量等於施用化學氮肥 N60kg/ha 之處理。

滿江紅共作後若未埋入土中，並不能供給氮肥給當作的水稻。第一期作之共作滿江紅產量比第二期作者高。插秧後接種滿江紅與水稻共作，由於滿江紅生長迅速疊覆水面，幾乎完全抑制了水田的雜草生長，因此，可不必施用殺草劑。接種滿江紅共作區之穀產量亦比不接種滿江紅區者顯著增高，而與施用殺草劑區者相近。

在單位面積叢數一定之條件下，改變行距使成 10-40-10-40-cm 之 8 雙行式及12-55-12-55 cm 之 6 雙行式之結果，在 20 天共作期間內並不能增加滿江紅之產量。而就水稻產量而言，8 雙行與 6 雙行者均較一般行距者爲低。不過 8 雙行式之穀產量與一般行株距者之差異不顯著。改變行株距後加大之空間在水稻生長後期會孳生雜草形成明顯的雜草帶。

滿江紅由於葉內有固氮藍綠藻 *Anabaena azollae* 共生，具有高固氮力，其植體生長非常迅速，能與水稻共作，爲水田優良的綠肥 (2, 5, 7, 8, 11, 12) 。不佔空間很適合本省休閑期甚短之水稻栽培制度。

在越南及中國大陸，由於缺乏化學氮肥，滿江紅被廣爲應用於水田綠肥 (6, 12, 13) 。本省原有 *Azolla pinnata* 一種(2)，但有關利用滿江紅之研究一直付諸闕如。以本省能源蘊藏並不豐盛，又須消耗大量能源製造化學氮肥供應農業生產所須之情形下，以滿江紅之微生物固氮能力來減少水田化學氮肥使用甚具經濟價值。前年本研究室已解決滿江紅室內及室外之養殖問題 (2, 3) ，初步溫室試驗及田間試驗肥效甚好，以及初步證明滿江紅與水稻共作可兼有防草功能，然缺田間試驗證明。滿江紅不同品系間耐熱與耐寒力差異甚大，以前引進之品系如 *A. filiculoides* (West Germany) 雖耐寒，但含氮量低且生長慢。本地種 *A. pinnata* 頗耐寒及耐熱，71年本所林主任家棻由菲律賓國際稻米研究中心引進五種滿江紅品系，其中 *A. microphylla* (Paraguay) 及 *A. filiculoides* (Lima, Peru) 在本所田間栽培試驗顯示很耐寒，多天經多次寒流來襲（氣溫降到 8°C）依然繁殖迅速 ，保

1.臺灣省農業試驗所 研究報告1133號。本研究受行政院農發會嘉華尿素基金補助，謹致謝忱。
2.本所農化系研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

持靑翠，其他不耐寒之品系如 *A. pinnata* (Fuchow, China) *A. mexicana* (California, U. S. A.) 及 *A. mexicana* (Guiana) 於冬季生長停頓，全部變紅，含氮量極低，產生孢子。在滿江紅推廣以前尙須解決之問題爲：(1)尋求適合第一期作耐寒及適合第二期作耐熱之品系及其在水田綠肥之肥效，(2)利用滿江紅做稻田雜草之生物防治。本研究乃針對上述目的而進行，以作爲日後推廣之依據。

## 方法與結果

### 一、改變行株距對滿江紅產量與水稻生長影響試驗：

1.方法：本試驗於70年二期作在農試所 21 號圃場進行，稻種選用臺農67號，滿江紅品系爲本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) (4)，每試驗小區爲 $20m^2$ ($5m \times 4m$)，每處理 4 重複，各處理之氮肥用量（包括化學氮肥及滿江紅）使用則同表四肥效試驗中處理之 6，而以行距 25cm，株距 20cm。硫酸銨用量 N100kg/ha 者爲對照。每公頃磷鉀肥以 $P_5O_2-K_2O=80kg-60kg$ 使用，其中磷肥全數基施，60% 鉀肥作基肥，40% 鉀肥於水稻分蘖盛期追肥。滿江紅於插秧時同時接種，各區接種源爲 $75g/m^2$。水稻行株距處理分爲如下 4 種，但一定面積內插播稻苗叢數爲一定，藉以增加生長滿江紅之面積，各小區水稻叢數維持 400 叢。

（1）標準行株距 25×20cm，每小區 16單行，化學氮肥用量 N100kg/ha，以硫酸銨使用。無滿江紅共作。

（2）標準行株距 25×20cm，每小區 16 單行，化學氮肥用量爲 N60kg/ha，以硫酸銨使用，滿江紅共作 20 天。

（3）行距 10-40-10-40cm，株距離維持 20m，每小區 8 雙行，化學氮肥用量爲 N60kg/ha，以硫酸銨使用，滿江紅共作 20 天。

（4）行距 12-55-12-55cm，株距 15cm，每小區 6 雙行，化學氮肥用量爲 N60kg/ha，以硫酸銨使用，滿江紅共作20 天

在以上各處理中之滿江紅計算其鮮重量及含氮量，以估計全氮量若干。計算鮮重時每區採 3 點，每點 1 平方公尺，採樣每區取 50g 測定其含水量及含氮量外，其餘悉數放回。水稻成熟後做產量構成要素調查及計算實際穀產量。

2.結果：在單位面積叢數一定，改變行株距使成 8 雙行式或是 6 雙行式的結果，在 20 天共作期間內並不能增加滿江紅的產量（表 1）。而就穀產量而言，8 雙行與 6 雙行者均較一般行株距者爲低。不過 8 雙行者與一般行株距者之差異並未超過 5 %顯著水準，而此二者與一般行株距，且施 N100kg/ha 之對照處理比較差異亦不超過 5 %顯著水準（表 2）。改變行株距後加大之空間在二期作後期會孳生雜草，形成一條條明顯的雜草帶。

表1. 不同行距對共作滿江紅產量之影響（70年二期作共作期20天）

| 處理＼項目 | 鮮重量 (kg/ha) | 乾物率 (%) | 乾物含氮率 (%) | 全氮量 (Nkg/ha) |
|---|---|---|---|---|
| 6雙行 | 6,450 a | 10.00 | 3.50 | 26.60 a |
| 8雙行 | 6,565 a | 10.00 | 3.55 | 23.30 a |
| 16單行 | 7,125 a | 9.50 | 3.44 | 23.30 a |

※鄧肯氏新多重變域分析 5 %顯著水準。

表2. 滿江紅及改變行株距對水稻生長之影響（70年二期作）

| 處理別＼項目 | 穗數（支） | 穗粒數（粒） | 稔實率（%） | 千粒重（克） | 穀產量（公斤／公頃） |
|---|---|---|---|---|---|
| 16單行，N100kg/ha | 16.80 | 86.60 | 0.80 | 25.30 | 5,031 a |
| 16單行，N60kg/ha ＋滿江紅共作 | 15.60 | 83.60 | 84.00 | 26.30 | 5,061 a |
| 8雙行，N60kg/ha ＋滿江紅共作 | 15.30 | 84.00 | 87.00 | 26.20 | 4,951 a |
| 6雙行，N60kg/ha ＋滿江紅共作 | 14.10 | 78.70 | 89.00 | 26.60 | 4,475 b |

※鄧肯氏新多重變域分析 5 %顯著水準。

**二、本地種耐熱又耐寒品系*A. pinnata*（Da Li, Taiwan）之肥效試驗：**

1.方法：供試品種爲採自臺中大里耐熱之本地種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）(4)。本試驗於70年二期作在農試所農場 21 號圃場進行，其土壤性質如表 3 。由於70年 1 月及12月田間試驗亦顯示本地種*A. pinnata*（Da Li, Taiwan）頗耐寒(4)，於71年一期作於上述 21 號圃場再作重複試驗，以檢定本地種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）在一期作之肥效。試驗設計爲 6 處理 4 重複，共 24 小區，每小區面積爲 20 平方公尺（5 × 4 公尺）。採逢機區集設計。選用稻種爲臺農 67 號，於育苗箱育成後以人工插植，行距 25cm，株距 20cm，基肥滿江紅分別於七月份及元月份於插秧前 21 天養殖，接種量爲 $75g/m^2$，生長期間使用 $P_2O_5$ 15kg/ha [3,5] 之過磷酸鈣，分三次用完。基肥滿江紅養成後每區採 50g 鮮重測定含水量及含氮量。其餘以人工埋入各滿江紅基肥區。共作滿江紅接種量爲 50g/ha，插秧後立即接種，不再另外施肥。與水稻共作 20 天後採樣估計滿江紅產量，其方法同第一項改變行株距對滿江紅產量與水稻生長影響試驗中之方法。然後排水再以萌後殺草劑草霸王（Basagran 4.41%, 200x）殺死滿江紅。上述各處理均施磷鉀肥，其用量及使用方法同第一項改變行株距對滿江紅產量與水稻生長影響試驗中之方法。各處理之化學氮肥用量及滿江紅使用情形如表 4 。水稻於收成後作實際穀產量調查並以鄧肯氏多重變域分析比較處理在 5 %顯著水準之差異。

表3. 農試所21號圃場田土之化學性質分析※

| 質地 | pH 値 | 有機物（%） | 有效磷（ppm） | 有效鉀（ppm） |
|---|---|---|---|---|
| 沙質壤土 | 6.10 | 1.21 | 8.30 | 39.60 |

※本資料由農試所農化系土壤肥力研究室提供。

**表4.** 本地種耐熱又耐寒 *A. pinnata* 對水稻肥效試驗之氮肥來源（70年二期作及71年一期作）

| 處理代號 | 處理名稱 | 基肥 | 追肥 | 穗肥 | 備註 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 化學氮肥對照區* | 45kg | 30kg | 25kg | 化學氮肥用量為 N100kg/ha |
| 2 | 無氮區 | 0 | 0 | 0 | |
| 3 | 滿江紅共作 | 0 | 0 | 0 | 處理3、4、5、6之滿江紅接種源量皆為 50g/m² |
| 4 | 滿江紅基肥（70年二期作等於 N39kg，71年一期作等於 N49kg）＋滿江紅共作 | a. 39kg<br>b. 49kg | 0 | 0 | 以滿江紅為基肥，於插秧前立即埋入，滿江紅生長期間為21天 |
| 5 | 化學氮肥*＋滿江紅共作（A） | 30kg | 0 | 0 | 化學氮肥用量為 N30kg/ha |
| 6 | 化學氮肥*＋滿江紅共作（B） | 30kg | 15kg | 15kg | 化學氮肥為 N60kg/ha |

*化學氮肥使用硫酸銨。

2.結果：70年二期作之試驗中，基肥滿江紅養殖 21 天後，平均每區鮮重由 750kg/ha 增為 18,500kg/ha，估計其氮素量由 N1.6kg/ha 增為 39kg/ha(表5)。共作滿江紅養殖20天後平均每區鮮重由 500kg/ha 增為 7043kg/ha，估計氮素量為 N29kg/ha。本省夏天氣溫高，7

**表5.** 基肥滿江紅產量及含氮量估計（生長日數21天）

| 稻作期別 | 鮮重量※ (kg/ha) | 乾物率 (%) | 乾物含氮率 (%) | 全氮量 (N kg/ha) |
|---|---|---|---|---|
| 70年二期作 | 18,500 | 7.3 | 2.9 | 39 |
| 71年一期作 | 18,770 | 9.0 | 2.9 | 49 |

※接種源 750kg/ha 鮮重滿江紅品系為 *A. pinnata* (Da Li. Taiwan)

月養殖滿江紅時之水溫為 25—40°C。但滿江紅生長很好，顯示 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 甚耐熱。又以上共作處理之滿江紅產量及全氮量並不因化學氮肥用量之不同而有所差異（表6）。就肥效而言，基肥滿江紅配合共作滿江紅處理及共作滿江紅配合化學氮肥 N60

**表6.** 不同氮肥用量對共作滿江紅 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 產量之影響（共作期20天）

| 代號 | 項目 / 處理 | 鮮重量 (kg/ha) 70年二期作 | 鮮重量 (kg/ha) 71年一期作 | 全氮量 (Nkg/ha) 70年二期作 | 全氮量 (Nkg/ha) 71年一期作 |
|---|---|---|---|---|---|
| 4* | 滿江紅基肥區 | 7,575 a** | 12,750 a | 29.8 a | 37.2 |
| 3 | 無氮區 | 7,090 a | 10,750ab | 29.0 a | 34.2 |
| 5 | 硫銨使用區(A)（N30kg/ha） | 6,565 a | 9,041 b | 27.5 a | 31.2 |
| 6 | 硫銨使用區(B)（N30kg/ha，滿江紅共作後再施化學氮肥追肥及穗肥） | 6,940 a | 9,791 b | 27.6 a | 25.2 |

*肥效試驗之處理代號。
**鄧肯氏新多重變域分析5%顯著水準。

kg/ha 處理者其平均穀產量分別爲 5,040kg/ha 及 5,090kg/ha 與化學氮肥 N100kg/ha 處理之 5,121kg/ha 相似。三者間之差異不超過 5 % 顯著水準。只有共作滿江紅無化學氮肥處理者及共作滿江紅配合化學氮肥 N30kg/ha 處理者其平均穀產量分別爲 4,064kg/ha 及 4,292kg/ha，與不施任何氮肥處理之 37,18kg/ha 相似。三者間之差異亦在 5 %顯著水準以內。但後三者與前三者比較差異則超過 5 %顯著水準。因此以穀產量間之差異而言，滿江紅當基肥配合滿江紅共作能有節省40%以上化學氮肥用量之效果（表 7）。

**表7.** 本地種耐熱又耐寒品系 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 對水稻之肥效試驗

| 處理別 ＼ 項目 | 穀產量 (kg/ha) 70 年二期作 | 穀產量 (kg/ha) 71 年一期作 |
|---|---|---|
| 1. N100kg/ka | 5,121 a* | 5,350 a* |
| 6. N60kg/ka ＋滿江紅共作 | 5,090 a | 4,650 abc |
| 4. 滿江紅基肥＋滿江紅共作 | 5,040 a | 4,916 ab |
| 5. N30kg/ka ＋滿江紅共作 | 4,292 b | 4,016 bc |
| 3. 滿江紅共作 | 4,064 b | 3,916 c |
| 2. 無氮區 | 3,718 b | 3,900 c |

*鄧肯氏新多重變域分析 5 %顯著水準。

71年一期作之試驗中，基肥滿江紅養殖 21天後，平均每區鮮重由 750kg/ha 增爲 18,770kg/ha，估計其氮素量由 N1.9kg/ha 增爲 49kg/ha （表 5）。共作滿江紅養殖 20 天後平均每區鮮重由 500kg/ha增爲 10,583kg/ha，估計其氮素量爲 32kg/ha。元月份氣溫爲全年最低時，遇到寒流來時氣溫低到 8—10°C，但滿江紅基肥養殖生長很好，顯示 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 亦很耐寒適合一期作(圖 1 A)。71年一期作之共作滿江紅之產量及其全氮量以滿江紅基肥或無氮之處理者較施用化學氮肥者高（表 6）。71年一期作之共作滿江紅產量比70年二期作者高（表 6）。顯示春天共作時（三月）天氣涼爽，共作滿江紅生長比夏天共作時（八月）好。就肥效而言，其結果與70年二期作相似，基肥滿江紅配合共作滿江紅處理及共作滿江紅配合化學氮肥 N60kg/ha 處理者其平均穀產量分別爲 4,916kg/ha及 4,650kg/ha，與化學氮肥 N100kg/ha 處理之 5,350kg/ha 相似，三者間之差異不超過 5 %顯著水準。只有共作滿江紅無化學氮肥處理者及共作滿江紅配合化學氮肥 N30kg/ha 處理者平均穀產量分別爲 3,916kg/ha 及 4,016kg/ha，與不施氮肥處理之 3,900kg/ha 相似，三者間之差異亦在 5 %顯著水準以內。以穀產量間之差異而言，與70年二期作之結果相似，證明本地種 *A. pinnata* 亦適合一期作。滿江紅基肥配合滿江紅共作可減少40%以上化學氮肥用量之效果（表 7）。

**三、耐寒品系滿江紅大面積肥效比較試驗：**

1. 方法：本試驗於71年12月至72年 6 月在農試所農場之 55 號圃場進行，其土壤性質如第二項之 21 號圃場。由於71年一期作之試驗結果，顯示本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 亦耐寒適合一期作，及新引進之*A. microphylla* (Paraguay) 亦比其他新引進之品系耐寒且生長速率快[4]，乃選擇上述兩品系推廣爲大面積之肥效比較試驗，其試驗設計如下：

（1）田間設區：試驗共分爲四區，設於表 8 之四種處理，每區面積爲 500 平方公尺，因屬大面積栽培試驗，不作重複。稻種用臺農67號於育苗箱育成後以機械播植，行距 25cm，株距 20cm，將來每區收穫後比較其稻穀產量之差別。

（2）滿江紅栽培及調查：插秧前一個月正月時爲全年氣溫最低的月份，先於稻田養殖滿江紅，接種量爲 $75g/m^2$，接種後施用 $P_2O_5$ 15kg/ha 之過磷酸鈣。插秧前滿江紅長滿水

面疊層已可掩埋爲目標。掩埋前每區各取5平方公尺的滿江紅以調查鮮物及乾物產量（分5點，每點1平方公尺），稱重後再倒回，並於每區逢機取樣分析其含氮率。插秧前整地時約 90% 之滿江紅掩埋入土中，其他漂浮於水面之滿江紅插秧後讓它自己在水田生長並與水稻共作。

（3）水稻施肥：分爲4種施肥方式，各處理均施同量磷鉀肥，其用量爲 $P_2O_5$60kg/ha，$K_2O$ 50kg/ha，磷肥用過磷酸鈣，悉數當基肥。鉀肥用氯化鉀，分兩次使用，其中$K_2O$30kg/ha當基肥，20kg/ha 於插秧後 30 天使用。各處理之氮肥（包括化學肥料及滿江紅）用量及用法如表八。

**表8.** 滿江紅耐寒品系大面積肥效比較試驗之水稻施肥方法（72年一期作）

| 處理代號 | 處理名稱 | 化學氮肥 Nkg/ha | | | | 備註 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 基肥 | 追肥 | 穗肥 | 合計 | |
| 1 | 掩施 *A. microphylla* (Paraguay) | 0 | 0 | 0 | 0 | 插秧一週前滿江紅生長全量埋入土中當基肥 |
| 2 | 掩施 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) | 0 | 0 | 0 | 0 | 同上 |
| 3 | 化學氮肥半量區* | 27 | 18 | 15 | 60 | |
| 4 | 化學氮肥全量區* | 54 | 36 | 30 | 120 | |

*化學氮肥使用硫酸銨

2.結果：本研究室選出之耐寒品系冬天生長很好，*A. pinnata*(Da Li, Taiwan)及 *A. microphylla* (Paraguay) 從71年12月先接種在種源苗田繁殖及72年1月中接種到試驗田繁殖爲基肥用滿江紅時，適逢多次寒流來襲（氣溫降到 8°C），依然保持青翠，且繁殖迅速，（圖1）。72年2月中旬滿江紅養殖一個月後，已疊層覆蓋水面可掩埋爲基肥，適逢連續陰雨，水稻無法插秧，滿江紅基肥因此養殖了47天。由於連續下雨及吹北風，有的滿江紅沉澱到水田下被淹死，尤其 *A. microphylla* (Paraguay) 下沉甚多，插秧前估計之基肥滿江紅之產量僅爲浮在水面上之鮮體者，並不能代表全部基肥滿江紅之產量。滿江紅養殖47天後，*A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 之鮮重由 750kg/ha 增加到 19,125kg/ha，估計其含氮量由 N1.9kg/ha 增爲 N47kg/ha。*A. microphylla* (Paraguay) 之鮮重由 750kg/ha 增加到 16,500kg/ha，估計其含氮量由 N2.1kg/ha 增爲 N47kg/ha （表9）。插秧前整地時未全埋入土中之滿江紅，於插秧後在水田繼續生長與水稻共作。基肥滿江紅對稻穀產量之肥效甚好，掩施*A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 爲基肥之處理其穀產量爲 6,044kg/ha（其指數爲施全量化學氮肥之94，比施

**表9.** 基肥滿江紅產量及含氮率估計（72年一期作，生長日數47天）

| 滿江紅品系 | 鮮重量 (kg/ha) | 乾物率 (%) | 乾物含氮率 (%) | 全氮量 (kg/ha) |
|---|---|---|---|---|
| A. pinnata (Da Li, Taiwan) | 19,125 | 9.2 | 2.69 | 47 |
| A. microphylla (Paraguay) | 16,500 | 8.4 | 3.38 | 47 |

半量化學氮肥（N60kg/ha）處理之穀產量 5,464kg/ha（其指數爲施全量化學氮肥之85）還高。掩施 *A. microphylla*（Paraguay）爲基肥之處理其穀產量爲 5,396kg/ha，亦與施半量化學氮肥（N60kg/ha）者相似（表10及圖2），顯示滿江紅當基肥其肥效約可節省一半的化學氮肥施用量。就肥效而言，*A. pinnata*（Da Li, Taiwan）較優於 *A. microphylla*（Paraguay）。

**表10．** 耐寒品系滿江紅大面積肥效比較試驗對水稻穀產量之影響

| 處理 ＼ 項目 | 穀產量（kg/ha） | 指數 |
|---|---|---|
| 化學氮肥全量區（N120kg/ha） | 6,438 | 100 |
| 化學氮肥半量區（N60kg/ha） | 5,464 | 85 |
| 掩施 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan） | 6,044 | 94 |
| 掩施 *A. microphylla*（Paraguay） | 5,396 | 84 |

**四、利用滿江紅抑制稻田雜草試驗：**

1.方法：本試驗亦於72年一期作在農試所農場21號圃場進行。

（1）田間設區：水稻品種爲臺農 67 號，滿江紅品系爲本地種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）。每區面積爲202.5 平方公尺（15公尺×13.5公尺）。因係大面積試驗故不作重複。

（2）水稻栽培：

稻種用臺農 67 號於育苗箱育成後以機械插植，行株距 25×20cm，每區收穫後比較其稻穀產量之差別。

（3）滿江紅栽培及雜草調查：

插秧後立即接種滿江紅，接種量分爲 0g/m²，100g/m²，200g/m²，300g/m²(如表11)。滿江紅與水稻共作20～30天後各區採樣計算滿江紅產量、雜草數量及雜草相。不接種滿江紅區於插秧後施用「馬上除」除草劑 30kg/ha，以後即不再作任何除草工作，各區之雜草生長情形攝影留作比較，將來水稻收穫後並比較各不同處理之穀產量差異。

（4）水稻施肥：

各區肥料施用以標準施肥方式進行之，氮肥用量爲 N100kg/ha，氮肥用硫酸銨，因爲硫酸銨不會抑制滿江紅的固氮（3）。其中 45% 當基肥，30% 當追肥，25%爲穗肥，磷鉀肥之用量與施用法同第一項試驗中之方法。

**表11.** 接種滿江紅抑制稻田雜草之處理（72年一期作）

| 處理編號 | 滿江紅 | 殺草劑 |
|---|---|---|
| 1 | 接種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）100k/m² | 不施用 |
| 2 | 接種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）200k/m² | 不施用 |
| 3 | 接種 *A. pinnata*（Da Li, Taiwan）300k/m² | 不施用 |
| 4 | 不接種滿江紅 | 不施用 |
| 5 | 不接種滿江紅 | 施用馬上除 30kg/ha |

2 結果：插秧後即接種滿江紅，由於滿江紅生長快，迅速覆蓋水面，抑制了大部份雜草之萌生（表12）。接種滿江紅一個月後之接種區，其抑制雜草之效果等於施用「馬上除」 30kg/ha 之處理，幾乎完全抑制了稗草（*Echinochloa crus-galli*）及球花蒿草（*Cyperus difformis*）之萌生，僅有少數之鴨舌草（*Monochoria vaginalis*）、瑩藺（*Scirpus juncoides*），及紅骨草（*Rotala indica*）之長出（圖 3）。滿江紅由 100～300g/m² 之不同接種量對防治雜草之效果均相似，但稻穀產量則以 100g/m² 之處理爲最高。不接種滿江紅又不施殺草劑之處理區，不但雜草數比接種滿江紅區或施殺草劑區多，而且雜草種類亦比較多（圖 4）。各處理區雜草之出現數以鴨舌草最多，其他依次爲瑩藺，紅骨草，稗草及球花蒿草（表12）。接種滿江紅處理之各區其穀產量均比不接種滿江紅處理區高，而與施殺草劑處理區之穀產量相似（表12）。

在調查雜草相及雜草數之前幾天，天氣乾旱炎熱發生蟲害，僅經過週末數天，滿江紅被害殆盡，施用 3 %好年冬已來不及控制蟲害，未能估計各接種滿江紅區之滿江紅共作之產量。當滿江紅長滿疊層水面時若遇到天氣炎熱乾旱時，滿江紅就容易發生蟲害與病害。由第二項71年同樣一期作共作滿江紅產量之試驗結果，共作滿江紅共作20天後之鮮重爲 10,000kg/ha左右。

**表12.** 接種滿江紅與水稻共作對稻田雜草抑制之效果（72年一期作）

| 處理編號 | 項目 / 處理 | 雜草相及雜草數（株）/0.5m²（三重複之平均） | | | | | 穀產量 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 鴨舌草 | 瑩藺 | 紅骨草 | 稗草 | 球花蒿草 | kg/ha | 指數 |
| 4 | 不接種滿江紅，不施殺草劑 | 723 | 114 | 33 | 17 | 8 | 4,998 | 74 |
| 1 | 接種滿江紅 100g/m², 不施殺草劑 | 55 | 48 | 6 | 0 | 0 | 6,603 | 98 |
| 2 | 接種滿江紅 200g/m², 不施殺草劑 | 41 | 18 | 14 | 3 | 0 | 5,921 | 88 |
| 3 | 接種滿江紅 300g/m², 不施殺草劑 | 21 | 9 | 2 | 0 | 0 | 6,272 | 93 |
| 5 | 不接種滿江紅，施用殺草劑「馬上除」30kg/ha | 53 | 11 | 0 | 0 | 0 | 6,736 | 100 |

註：滿江紅接種源用本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)
※雜草相及雜草數於插秧接種滿江紅一個月後調査。

## 討 論 與 結 論

改變行株距會造成穀產量降低，且後期導致雜草孳生，因此並無實質上之益處。不過若考慮共作滿江紅拌入土中以保全肥效時之操作方便，則 8 雙行式可被加以應用。不過變換行株距處理中加大之空間因水稻植株無法有效覆蓋，因此在稻作後期會形成明顯的雜草帶。

不耐熱帶，亞熱帶地區夏季高溫及不耐亞熱帶、溫帶地區冬天低溫是一般使用滿江紅之主要限制因子（8，9，10，14）但本文所用之本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 對夏季高溫之反應相當良好，在水溫 25～40°C 下 21 天內鮮重可增加25倍以上。72年夏天之田間栽培試驗顯示*A. microphylla* (Paraguay) 與 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 一樣亦比其他諸品系耐熱（4）。三年來由本實驗室之研究結果，除非像今年（72年）夏季特別炎熱乾旱（水溫 25～42°C），七、八月時中午12時至下午 2 時之水溫高達 42°C，有時甚至高達 45°C，易生蟲害及熱害；否則本省二期作使用滿江紅可不必顧慮高溫問題。本省雖然地處亞熱帶，但是冬天寒流來襲時氣溫降到 8°C左右，不耐寒

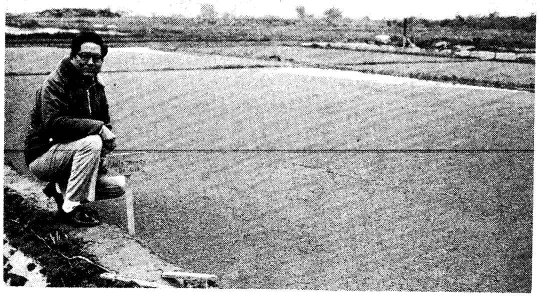
之品系如 *A. pinnata* (Fuchow, China)、*A. mexicana* (California, U. S. A. ) 及 *A. mexicana* (Guiana) 等品系於冬季生長停頓，全部變紅，含氮量極低， 無法適合於一期作前之基肥用滿江紅養殖外。然而本文所用之本地種 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla* (Paraguay) 很耐寒，元月份氣溫最低時 (降到 8°C) 仍然長得很濃綠，且繁殖迅速疊層水面 ，多天又無蟲害問題，因此本省一期作使用滿江紅亦不必顧慮低溫問題。

在肥效試驗結果中，只有滿江紅共作者與無氮區比較事實上並無顯著肥效可言。但滿江紅拌入土中當基肥配合滿江紅共作則肥效與 N60kg/ha 相同或接近 N100kg/ha (表 7 ) ，因此顯然可看出滿江紅之肥效主要是來自拌入土中的滿江紅鮮體。這亦在其他的研究中被證實過[14]。 不過滿江紅覆蓋水面或土面對減少化學氮肥之逸失應有相當的助益，因此滿江紅共作配合化學氮肥N60kg/ha 者肥效亦與 N100kg/ha 者相似。又72年一期作滿江紅基肥處理者 (N47kg/ha) 其肥效與化學氮肥 N60 kg/ha之處理者相同或以掩施 *A. pinnata* 者較優 (表10) ，可能因為施用化學氮肥容易流失或易被脫氮細菌進行脫氮作用逸失，而滿江紅基肥之肥效是緩慢性的，以及滿江紅還含有其他有機質有益水稻之營養素如磷等之有效性元素。

由於滿江紅氮素是以有機氮形式存在，因此其肥效之釋放自然要比化學氮肥緩慢。 Watanabe ( 1977) 認為滿江紅肥效要在 3 — 7 星期間方可大量釋放[14] 。本文就觀察水稻生長情形而言亦發現有基肥滿江紅處理之水稻在 2 星期後葉色轉綠，生長加快且可維持至近孕穗期時。而在插秧後初期及近孕穗期後生長情形並不很好。因此日後在使用滿江紅方法上，秧期加施少量化學氮肥及保全共作滿江紅之肥效將是必須的。

插秧後即接種滿江紅 ， 由於滿江紅生長迅速疊覆水面 ， 對大部分水田雜草都有抑制的作用，其防治雜草之效果與施用「馬上除」殺草劑相似 ， 這亦在本實驗室之溫室及初步田間試驗予以報導[5]。Moore (1969)及 Rains and Talley (1979) 也報導滿江紅能抑制水田雜草之生長，[8,10] 在肥效試驗中亦觀察到有滿江紅共作之各試驗區在共作期間內，除鴨舌草與雙雀稗草 (*Paspalum distichum* ) 外，其他水田雜草甚少發生。在共作期間後由於水稻植被迅速覆蓋空間，自有防草功能，因此不必再有任何防草工作。最近美國環境保護局發現有很多殺草劑為致癌物或產生 Dioxin ，造成嚴重的環境污染而被禁止使用[1,9]。因此利用滿江紅做為水田雜草之生物防治在今後之水田作物栽培上將有很實用的價值。又滿江紅蛋白質含量高達35%[10]，經本實驗室以 Amino acid analyzer 分析發現含有多種不同的氨基酸成分，鷄鴨及豬嗜食之。將來可利用水田養殖滿江紅供為飼料，或滿江紅與水稻共作長滿水面時一面可以抑制雜草之生長，一面可當飼料讓鴨群到稻田裏喂食之[7]。

綜而言之，滿江紅由於具有高固氮力、生長迅速，在養殖過程中只要施用少量的磷肥 ($P_2O_5$ 15 kg/ha) 外，不必再施用任何肥料即可長得很好。本研究中證明滿江紅確是非常優良的一種水田綠肥又可抑制雜草，其經濟潛力不可限量，但在使用上有待進一步改進與簡化。



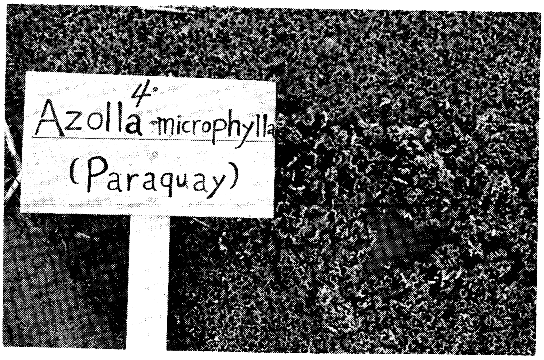



圖1. 本地種 *Azolla*、*pinnata* (Da Li, Taiwan) 及 *A. microphylla*(Paraguay) 插秧前，養殖21天後當基肥滿江紅，其鮮重由 0.75ton/ha 增加到 19ton/ha，估計在冬天元月氣溫最低的月份養殖21天後之氮素含量爲 N47kg/ha。夏天養殖 21 天後之氮素含量爲 N39kg/ha。A 爲冬天 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) 養殖 21 天後滿江紅疊層水面之情形。
B 爲 *A. microphylla* (Paraguay) 與本圖之 A. 同時期於冬天元月養殖21天後疊層水面之情形。

圖2. 掩施*A. microphylla* (Paraguay) 或*A. pinnata* (Da Li, Taiwan)當基肥，其穀產量等於施用半量化學氮肥 N60kg/ha 。本圖爲收穫前之照片，由肉眼看，掩施*A. microphylla* (Paraguay) 之稻穀結穗量與穀飽率與施用半量化學氮肥者亦相似。

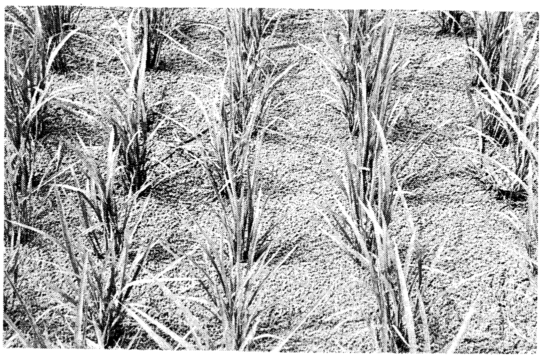


圖3. 插秧後即接種滿江紅 *A. pinnata* (Da Li, Taiwan)，由於滿江紅生長快迅速疊覆水面，幾乎完全抑制了雜草之生長。

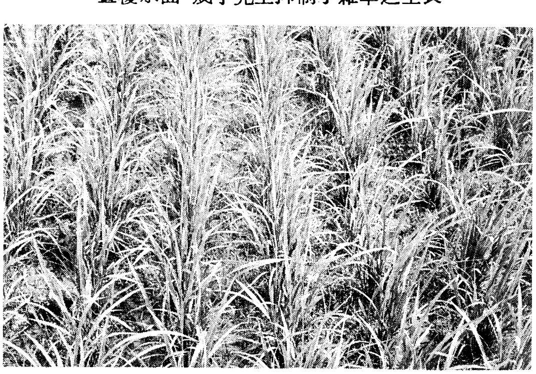


圖4. 插秧後未接種滿江紅又未施殺草劑之稻田，雜草孳生。

# 參考文獻


1. 時報周刊・1983・Vol 280：110—114 及 Vol. 283：6—19
2. 李啓彰、林錫錦、林家棻・1981・水田滿江紅 *Azolla pinnata* 之研究 I.境環因子對滿江紅生長之影響・中華農業研究30：405—411
3. 李啓彰、林錫錦、林家棻・1982・水田滿江紅 *Azolla pinnata* 之研究 II.土壤與肥料因子對滿江紅生長之影響・中華農業研究31.（3）：225—234
4. 林錫錦・1981—1983・本省耐寒及耐熱滿紅紅品系之篩選・（Personal communication）
5. Lee, C. C. andC. J. Lin. 1981. The possibility of using azolla as a source of nitrogen for rice in Taiwan. Soil and Fertilizers in Taiwan 1980-1981 ：35-43
6. Liu, chung chu. 1979. Use of azolla in rice production in China. In Nitrogen and Rice. p375—394 IRRI.
7. Lumpkin T. A. and D. L. Plucknett. 1980. Azolla：botany, physiology, and use as a green manure. Economic Botany 34：111-153
8. Moore, A. W. 1969. Azolla：biology and agronomic significance. The Bot. Rev. 35：17-34
9. Newsweek. July 11,1983, p46-47 and July 18, 1983,p26-35
10. Rains, D. W. and S. N. Tolley. 1979. Use of azolla in North America. In Nitrogen and Rice. p419 -431. IRRI.
11. Talley S. N. and B. J. Talley. 1979. Nitrogen-fixation by azolla in rice fields. In Genetic Engineering for $N_2$-fixation. plenum press ed. D. A. Hollaender et al. N. Y. p259-281.
12. Tran Quang Thuyet and Dao The Tuan. 1973. Azolla：a green manure. Agricultural Problems Vol. 4, Vietnamese Studies No. 38：119.
13. Tuan, D. T. and T. Q. Thuyet. 1979. Ues of azolla in rice production in Vietnam. In Nitrogen and Rice. p395-405. IRRI.
14. Watanabe, I., G. R. Espinas, N. S. Berja and B. V. Alimagno. 1977. Utilization of the azolla-anabaen acomplex as a N fertilizer for rice. IRRI. Res. Pap. Ser. 11. 15pp.

# Studies on the Fertility of Azolla for Rice and the Suppression of Weeds by Azolla Mats in Rice Paddies

C. J. Lin[2]

**Summary**

Cold and hot-resistant strains of *Azolla pinnata* (Da Li, Taiwan) and *A. microphylla* (Paraguay) were studied for their potential for using as a source of N for the 1st and 2nd rice crops, and studied for the effect of the azolla mats on suppressing weeds in rice paddies.

Twenty-one days after both strains of *A. pinnata* (Da Li, Taiwan) and *A. microphylla* (Parguay) were grown as a sole crop for basal green manure, the fresh azolla biomass were increased from 0.75ton/ha to 19ton/ha, which contained 47 and 39 kg/ha of N for the 1st and 2nd rice crops, respectively. Its fresh weight increased 25 times within 21 days of cultivation. Both strains of azolla grow very well in cold Winter (water temperature 8—16°C) and hot Summer (water temperature 25—40°C), they are suited for use as a green manure and a dual culture for both 1st and 2nd rice crops. Both strains of the fresh azolla incorporated into soils as basal green manure gave grain yield equal to the yield of applying 60kg/ha of chemical N fertilizer. Without incorporation of the azolla into soils, the azolla dual culture with rice could not supply N for the concurrent rice crop.

The yield of the azolla in the dual culture with the 1st rice crop was higher than that of the 2nd rice crop. During the dual culture with rice, the rapid growth of the azolla can result in thick mats which are capable of choking out the growth of most weeds in rice paddies. Thus, the application of herbicide is not necessary. With the azolla inoculation plot, the grain yield was much higher than that of the control plot and almost equal to that of the herbicide application plot.

With the same number of rice plant maintained in the same area, the grain yields of both 8 double line (10-40-10-40cm) and 6 double line (12-55-12-55cm) were lower than that of normal 16 single line (25-25-25-25cm) treatment. However, the difference between 8 double line and 16 single line was not significantly different. The yield of azolla dual culture with rice for both double line systems were not different from that of single line system. The enlarged space of both double line systems were found to be bound in weeds after the panicle initiation stage of rice plants.

1. Contrilution No. 1133 from the Taiwan Agricultural Research Tnstitute. This study was supported by a urea research grant from Council for Agricultural Planning and Development ROC.

2. Senior Soil Microbiologist, Department of Agricultural Chemistry, TARI, wufeng, Taichung, Taiwan 431, ROC,